

**Hohlkolben für eine Kolbenmaschine und Verfahren  
zum Herstellen eines Hohlkolbens**

5 Die Erfindung betrifft einen Hohlkolben und ein Verfahren zum Herstellen eines Hohlkolbens.

An einen Hohlkolben der vorliegenden Art sind aus verschiedenen Gründen besondere Anforderungen gestellt. Es  
10 handelt sich zum einen um ein Massenprodukt, das in einer großen Anzahl hergestellt und vertrieben wird. Dies ist nicht nur darin begründet, das eine Kolbenmaschine, eine Mehrzahl Hohlkolben umfasst, sondern dies ist auch dadurch begründet, dass es sich bei einem Hohlkolben um ein  
15 typisches Verschleißteil handelt, das nach bestimmten Laufzeiten auszutauschen ist. Aus diesen Gründen bestehen besondere Anforderungen bezüglich einer einfachen, schnellen und kostengünstigen Herstellung.

20 Außerdem ist die Verschleißfestigkeit des Hohlkolbens unter anderem von seinem Gewicht abhängig, das möglichst gering sein soll, um im Betrieb des Hohlkolbens die Fliehkräfte möglichst gering zu halten, die den Verschleiß forcieren.

25 Eine weitere Anforderung besteht darin, eine stabile Bauweise zu erreichen, die sowohl den im Betrieb auftretenden Druckbelastungen als auch Biegebelastungen standhält und eine Gewichtsreduzierung bei möglichst  
30 dünnwandiger Bauweise ermöglicht. Diesbezüglich ist zu erwähnen, dass eine lange Kolbenmantelfläche sowohl die Flächenpressung als auch das Kippmoment des Hohlkolbens vermindert.

35 Ein Hohlkolben der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art ist in der DE 197 06 075 A1 beschrieben. Dieser vorbekannte Hohlkolben weist einen hohlzylindrischen Kolbenschaft auf, der sich von einem verjüngten Basisabschnitt in der einen Achsrichtung

erstreckt, wobei sich vom Basisabschnitt in die andere Achsrichtung ein Gelenkteil in Form eines Kugelkopfes erstreckt, der ebenfalls hohl ausgebildet ist. Der gesamte Hohlkolben wird von einem zentralen Dorn durchsetzt, der  
5 ein separates Bauteil ist, das koaxial in den Hohlkolben in Löchern eingeschoben und darin fixiert ist. Der Basisabschnitt ist durch eine ringförmige Einformung der Umfangswand eines Kolbenrohrlings gebildet, wobei die Einformung gegen die Mantelfläche des vorzugsweise hohlen  
10 Dornes gedrückt ist. Am vorderen Ende des Hohlkolbens ist eine von der Umfangswand ausgehende ringförmige Stirnwand eingeformt, die mit ihrem inneren Rand ebenfalls gegen die Mantelfläche des Dorns geformt ist. Der Dorn ist so lang bemessen, dass er den Hohlkolben von der Stirnwand bis zum  
15 rückseitigen Ende des Kolbenkopfes durchsetzt, wobei die den Kolbenkopf bildende Umfangswand ebenfalls ringförmig gegen die Mantelfläche des Dorns eingeformt ist. Die vorderseitige und rückseitige Einformung ist mit einer so großen Einformungskraft ausgeführt, dass die hohle  
20 Umfangswand des Dorns ebenfalls im Sinne einer Taille eingeformt ist. Hierdurch ist der Dorn axial im Hohlkolben fixiert. Bei diesem Hohlkolben ist sowohl die Herstellung als auch Lagerhaltung für den als zusätzliches Bauteil einzuarbeitenden Dorn aufwendig.

25

Ein aus der DE 199 38 046 A1 entnehmbarer Hohlkolben unterscheidet sich von den vorbeschriebenen Hohlkolben dadurch, dass die Hohlkolbenbasis nicht durch eine Einformung, sondern massiv ausgebildet ist, das Gelenkteil  
30 durch eine rückseitig offene kalottenförmige Gelenkausnehmung gebildet ist und der Dorn als Hohldorn an das Basisteil angeformt ist und sich einteilig zum vorderen Ende des Hohlkolbens erstreckt, wo wiederum eine Stirnwand gegen seine Mantelfläche eingeformt ist. Dieser  
35 bekannte Hohlkolben ist dadurch stabilisiert, dass der Dorn einteilig an den Basisabschnitt angeformt ist. Die kalottenförmige Gelenkausnehmung ist spanabhebend in die Rückseite des Hohlkolbens eingeformt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Hohlkolben und ein Verfahren zur Herstellung eines Hohlkolbens derart auszugestalten, dass bei Gewährleistung einer guten Kolbenführung der Hohlkolben stabilisiert wird.

5

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 oder 9 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den zugehörigen Unteransprüchen beschrieben.

- 10 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei einem in der DE 199 38 046 A1 beschriebenen Hohlkolben mit einem rückseitigen Gelenkteil in Form einer kalottenförmigen Ausnehmung die Mantelfläche des Hohlkolbens das Gelenkteil überdeckt und deshalb eine
- 15 lange und große Mantel- bzw. Führungsfläche für den Hohlkolben bei Verringerung des im Betrieb am Hohlkolben wirksamen Kippmoments vorhanden ist und deshalb diese Ausgestaltung angestrebt werden sollte.
- 20 Bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung endet der Dorn im Bereich der Einformung, wodurch es ermöglicht wird, das Gelenkteil in Form einer kalottenförmigen Ausnehmung auszubilden. Hierdurch wird die Mantel- bzw. Führungsfläche des Hohlkolbens verlängert und vergrößert,
- 25 wobei die im Betrieb auftretenden Kippmomente im Bereich der Führungsfläche liegen und deshalb eine dadurch vorgegebene schädliche Wirkung auf den Hohlkolben wesentlich reduziert ist. Außerdem ist eine stabile Bauweise zum einen durch eine beim Einformen stattfindende
- 30 Gefügeverfestigung gewährleistet und zum anderen dadurch gewährleistet, dass die Einformung und der Dorn aneinander abgestützt sind, wodurch der Hohlkolben insgesamt stabilisiert wird. Ferner bildet bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der rückseitige Teil der Einformung einen
- 35 vorderen Flächenbereich der Gelenkausnehmung. Hierdurch steht der hintere Bereich der Einformung als Gelenkfläche der axialen Abstützung zur Verfügung. Ein in der Gelenkausnehmung sitzender Kugelkopf ist deshalb nicht nur über die Außenwand des Hohlkolbens sondern auch über den

Dorn axial abgestützt, was zur angestrebten stabilen Bauweise beiträgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 9 ermöglicht  
5 eine einfache, schnelle und kostengünstige Herstellung des Hohlkolbens, wobei die vorbeschriebenen Vorteile dem nach diesem Verfahren hergestellten Hohlkolben ebenfalls zukommen.

10 Eine einfache Bauweise für den Hohlkolben wird dann erreicht, wenn sich der Dorn einteilig von einer vorderseitigen Stirnwand des Hohlkolbens erstreckt. Dabei kann die Einformung aus einem hohlzylindrischen Kolbenrohrteil gefertigt werden, das durch spanabhebende  
15 oder spanlose Umformung, z. B. durch Kalt- oder Warmfließpressen vorgefertigt ist.

Der Erfindung liegt im Weiteren die Aufgabe zugrunde, einen Hohlkolben nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11 und  
20 ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 14 so weiterzubilden, dass der Hohlkolben eine lange und große Mantel- bzw. Führungsfläche erhält.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs  
25 11 oder 14 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in zugehörigen Unteransprüchen beschrieben.

Eine lange und große Mantel- bzw. Führungsfläche für den Hohlkolben wird dadurch erreicht, daß die Einformung nicht  
30 aus einem im wesentlichen hohlzylindrischen Kolben-Vorfertigungsteil, sondern aus einem Vorfertigungsteil mit einer vorgefertigten, außenseitigen Materialverdickung derart eingeformt wird, dass die Verdickung von außen nach innen verlagert wird. Hierdurch lässt sich ein durch die  
35 Einformung außenseitig gebildeter Hohlraum verringern und die Außen- oder Führungsfläche des Hohlkolbens vergrößern. Vorzugsweise wird diese Einformung so ausgeführt, dass nach dem Einformen die Mantel- bzw. Führungsfläche des Hohlkolbens im Bereich der Einformung durchgehend

verläuft. Dies kann auch präzise dadurch erreicht werden, dass die Einformung beim Einformen zunächst dicker ausgeführt wird als die Außenabmessung des Hohlkolbens und in einem letzten Bearbeitungsgang diese Verdickung an die Außenabmessung des Hohlkolbens angepasst wird (z.B. durch Schleifen), was vor oder nach einem Härten wenigstens der Oberflächenschicht des Hohlkolbens geschehen kann.

Im Betrieb einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine entsteht im Bereich der hin- und herbewegten Kolben, d. h. in den Kolben selbst und im die Kolben führenden Zylinder, eine beträchtliche Erwärmung, die aufgrund der Reibung in den Kolbenführungen entsteht und bei einem hohen Arbeitsdruck zu beträchtlich hohen Betriebstemperaturen führt.

Der Erfindung liegt im weiteren die Aufgabe zugrunde, bei einem Hohlkolben gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 20 die Kühlung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 20 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in zugehörigen Unteransprüchen beschrieben.

Der erfindungsgemäße Hohlkolben nach Anspruch 20 weist in seinem hinteren Endbereich wenigstens einen Kanal auf, der den Hohlraum des Hohlkolbens nach außen öffnet.

Dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine verbesserte Kühlung durch einen Austausch von im Hohlraum des Hohlkolbens befindlicher Betriebsflüssigkeit erreichbar ist.

Zwar ist beim Vorhandensein nur eines Kanals ein Austausch der Betriebsflüssigkeit verhältnismäßig gering, jedoch werden im Betrieb auf Grund der Bewegungen der Kolben Fliehkräfte erzeugt, die den Austausch der Betriebsflüssigkeit im Hohlkolben verbessern.

Es ist deshalb vorteilhaft, mehrere Kanäle im Hohlkolben anzuordnen, die einen Abstand voneinander aufweisen, der bezüglich des angestrebten Betriebsflüssigkeitsaustausches möglichst groß sein soll.

5

Der wenigstens eine Kanal ist so anzuordnen, dass seine Außenmündungsöffnung im Betrieb des Kolbens wenigstens zeitweise zum Hohlraum der Kolbenmaschine offen ist, in dem sich Betriebsflüssigkeit bzw. Leckflüssigkeit bei  
10 Niederdruck befindet. Der Austausch der Betriebsflüssigkeit durch den oder die Kanäle ist im Betrieb durch die Plätschbewegungen der sich im Hohlraum befindlichen Betriebsflüssigkeit gewährleistet. Durch die Plätschbewegungen gelangt die Betriebsflüssigkeit in alle  
15 Bereiche des Hohlraums, so dass von einem wenn auch kleinen doch permanenten Austausch der Betriebsflüssigkeit durch den Kanal ausgegangen werden kann.

In den Unteransprüchen sind Merkmale enthalten, die zur  
20 Stabilisierung des Kolbens und der Gelenkverbindung sowie zur Kühlung beitragen und zur einfachen und kostengünstig herstellbaren Ausgestaltungen führen.

Nachfolgend werden vorteilhafte Ausgestaltungen der  
25 Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen und Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Hohlkolben als Kolben-  
Fertigteil im axialen Schnitt;

30

Fig. 2 eine Kolben-Baueinheit, die einen  
erfindungsgemäßen Hohlkolben und einen damit  
gelenkig verbundenen Gleitschuh umfasst;

35 Fig. 3 ein Rohteil in einer ersten Vorfertigungsstufe  
für einen erfindungsgemäßen Hohlkolben;

- Fig. 4 ein Rohteil in einer ersten Vorfertigungsstufe in abgewandelter Ausgestaltung für einen erfindungsgemäßen Hohlkolben;
- 5 Fig. 5 ein Kolben-Vorfertigungsteil in einer zweiten Vorfertigungsstufe;
- Fig. 6 ein Kolben-Vorfertigungsteil in einer dritten Vorfertigungsstufe;
- 10 Fig. 7 ein Kolben-Vorfertigungsteil in einer zweiten Vorfertigungsstufe in abgewandelter Ausgestaltung;
- 15 Fig. 8 ein Kolben-Vorfertigungsteil in der dritten Vorfertigungsstufe in abgewandelter Ausgestaltung;
- 20 Fig. 9 ein Kolben-Vorfertigungsteil in der dritten Vorfertigungsstufe in weiter abgewandelter Ausgestaltung;
- Fig. 10 das Kolben-Vorfertigungsteil in der dritten Vorfertigungsstufe in weiter abgewandelter Ausgestaltung;
- 25 Fig. 11 das Kolben-Vorfertigungsteil in der dritten Vorfertigungsstufe in weiter abgewandelter Ausgestaltung;
- 30 Fig. 12 das Kolben-Vorfertigungsteil in der dritten Vorfertigungsstufe in weiter abgewandelter Ausgestaltung.
- 35 Der mit 1 bezeichnete Hohlkolben besteht aus einem Basisabschnitt 2, von dem sich in die eine Achsrichtung ein Kolbenschaft 3 nach vorne erstreckt und in die andere Achsrichtung ein Gelenkteil 4a nach hinten erstreckt, das Teil einer Kugelgelenkverbindung 4 ist, die den Kolben 1

mit einem Gleitschuh 5 allseitig schwenkbar verbindet, der ein korrespondierendes Gelenkteil 4b aufweist. Das Gelenkteil 4a am Kolben 1 wird bei allen Ausführungsbeispielen durch eine kalottenförmige Gelenkausnehmung 4c gebildet, in die ein Kugelkopf 4d am Gleitschuh 5 mit geringem Bewegungsspiel passt. Die Gelenkausnehmung 4c ist so tief angeordnet, dass ihr freier Rand 4e sich über die zugehörige Äquatorebene 4f hinaus erstreckt und so eingeformt ist, dass sie den Kugelkopf 4d mit geringem Bewegungsspiel formschlüssig hintergreift. Hierzu kann der freie Rand 4e im kalten oder erwärmten Zustand seines Materials zusammengedrückt sein, wie es Fig. 2 zeigt. Um das Zusammendrücken zu erleichtern, kann die Wanddicke des freien Randes 4e im die Äquatorebene 4f überragenden Bereich außen verjüngt sein, was ebenfalls aus Fig. 2 zu entnehmen ist.

Der Gleitschuh 5 weist im Übrigen eine den Kugelkopf 4d tragende Fußscheibe 5a auf, deren ebene Fußfläche 5b eine Gleitfläche bildet, mit der der Hohlkolben 1 in einer Axialkolbenmaschine montierten Zustand an einer Schrägscheibe oder Taumelscheibe abgestützt ist, deren schräge Fläche durch eine Linie 6 verdeutlicht ist. Dabei ist der Kolbenschaft 3 in einer Kolbenbohrung 7 eines Zylinders 8 längs hin und her verschiebbar gelagert, der drehbar oder undrehbar in einem nicht dargestellten Gehäuse der Axialkolbenmaschine gelagert sein kann.

Der mit 9 bezeichnete Hohlraum des Kolbenschaftes 3 ist rückseitig durch den Basisabschnitt 2, umfangsseitig durch eine hohlzylindrische Umfangswand 3a und vorderseitig durch eine Stirnwand 3b verschlossen. Der Hohlkolben 1 weist einen zentralen Dorn 11 auf, der sich von der Stirnwand 3b bis zum Basisabschnitt 2 erstreckt, an diesem axial und radial abgestützt ist und dadurch den Hohlkolben 1 insgesamt und die Stirnwand 3b axial stabilisiert.

Bei den vorliegenden Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Dorn 11 einteilig von der Stirnwand 3b nach hinten bis



in den hinteren Endbereich des Basisabschnitts 2, was im Weiteren noch beschrieben wird. Es erstreckt sich ein Kanal 12 axial durchgehend durch den Dorn 11, wobei im Kanal 12 eine Drossel 12a angeordnet ist.

5

Der Basisabschnitt 2 weist eine Einformung 14 auf, die bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 bis 6 durch ein ringförmiges Einformen eines axialen Abschnitts 3c der Umfangswand 3a und bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 10 7 bis 12 durch ein ringförmiges Einformen eines axialen Umfangswand-Abschnitts 3c, der außen eine ringförmige Materialverdickung 3d aufweist, gebildet ist. Die Einformung 14 ist jeweils so weit eingeformt, dass sie radial einwärts gegen die Mantelfläche 11a des Dorns 11 15 drückt. Hierdurch wird der Hohlraum 9 rückseitig dicht verschlossen. Die Einformung 14 bildet mit ihrer hinteren Stufenfläche 14a wenigstens einen Teil der Ausnehmungsfläche 4c.

20 Die Einformung 14 nach Fig. 1 bis 6 lässt sich durch ein Rundkneten oder Rundwalzen mit in Fig. 1 angedeuteten Formwerkzeugen 15a, 15b jeweils mit einer im Querschnitt konvex gerundeten Mantelfläche 15c einformen, wobei der radial einwärts gerichtete Verformungsdruck auf die 25 Mantelfläche des Hohlkolbens 1 ausgeübt wird. Dabei bildet sich der konvex gerundete innere Materialansatz 3e, der radial einwärts gegen den Dorn 11 drückt.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 und folgende, lässt sich die Einformung 14 durch zylindrische Formwerkzeuge 30 15d, 15e radial einwärts einformen, wobei die Materialverdickung 3d völlig eingeformt wird und sich der ebenfalls im Querschnitt konvex gerundete ringförmige innere Materialansatz 3e ausbildet, der gegen die 35 Mantelfläche 11a des Dornes 11 drückt. Das Volumen der Materialverdickung 3d entspricht etwa dem Volumen des Materialansatzes 3e.

Es ist aus Gründen eines vorteilhaften Materialflusses beim Einformen vorteilhaft, die Materialverdickung 3d mit radial nach außen konvergenten Ringseitenflächen 3f auszubilden. Der Neigungswinkel dieser Ringseitenflächen 3f kann z.B. etwa 45° betragen.

Es ist bei allen Ausführungsbeispielen vorteilhaft, die Einformung 14 mit einer so großen radial einwärts gerichteten Druckkraft auszuführen, dass die Einformung 14 nicht nur gegen die Mantelfläche 11a des Dornes 11 drückt, sondern auch in dessen Mantelfläche 11a eine Einformung 11b in Form einer z.B. gerundeten Ringnut erzeugt. Hierdurch wird nicht nur eine Klemmverbindung zwischen der Einformung 14 und dem Dorn 11 geschaffen, sondern eine formschlüssig wirksame Verbindung, die beträchtlich axial gerichtete Kräfte zu übertragen oder Belastungen aufzunehmen vermag.

Um insbesondere bei einer solchen verstärkten Einformung 14b genügend radial auswärts gerichtete Widerstandskräfte im Dorn 11 zu haben, ist es im weiteren vorteilhaft, die Drossel 13 mit einer vergrößerten Wanddicke für den Dorn im Bereich der Einformung 14 auszubilden, so dass der Dorn 11 der Einformung 14 eine größere radial auswärts gerichtete Widerstandskraft entgegensetzen kann und die Einformung 14 mit einem größeren Materialdruckkontakt ausgeführt werden kann, wodurch die gegenseitige Abstützung und die Abdichtung verbessert werden.

Bei einem soweit beschriebenen Hohlkolben 1 handelt es sich um ein Präzisionsteil, dessen Mantelfläche 3g eine Passfläche und Führungsfläche für die Längsführung des Hohlkolbens 1 ist. Dies gilt auch für die Innenfläche 4g der Gelenkausnehmung 4c wenigstens im Bereich ihrer Rundung. Es ist deshalb vorteilhaft, die Mantelfläche 3g und die Innenfläche 4g bezüglich ihrer fertigen Form und Größe mit einem Übermaß x auszubilden, das durch eine Nachbearbeitung auf seine endgültige Passgröße gebracht wird, z.B. durch Drehen, Fräsen oder Schleifen. Die

Übermaße  $x$  sind z. B. in Fig. 6, 8 und folgende dargestellt.

- In Fig. 6 ist ein soweit vorgefertigter Hohlkolben als Kolben-Vorfertigungsteil dargestellt. Dabei kann die Vorfertigung in mehreren Stufen und in unterschiedlichen Fertigungsarten erfolgen, wie es zum einen Fig. 3 und 5 sowie zum anderen Fig. 4 und Fig. 5 zeigen.
- 10 Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird in einer ersten Vorfertigungsstufe ein Rohteil 16a vorgefertigt, das sich vom Vorfertigungsteil 17a der zweiten Vorfertigungsstufe insbesondere durch eine geringe axiale Länge  $L_1$  unterscheidet, die wesentlich kleiner ist als die Länge  $L_2$  15 des Vorfertigungsteil 17a der zweiten Vorfertigungsstufe. Die Fertigung des Rohteils 16a kann spanabhebend erfolgen, z.B. durch Ablängen eines stangenförmigen Halbzeugs. Die Verformung des Rohteils 16a zum Vorfertigungsteil 17a erfolgt spanlos durch Fließpressen in einem nicht 20 dargestellten Fließpresswerkzeug. Das Fließpressen kann im kalten Zustand (z.B. bei Raumtemperatur) oder im warmen Zustand (z. B. auf eine günstige Fließtemperatur erwärmt) erfolgen. Beim Fließpressen werden die Umfangswand 3a und der Dorn 11 fließgepresst, wobei die Stirnwand 3b 25 ausgebildet wird. Das Fließpressen erfolgt in der Weise, dass der Dorn 11 kürzer ist als die Umfangswand 3a und deshalb sein rückseitiges freies Ende einen axialen Abstand  $a$  vom rückseitigen freien Ende der Umfangswand 3a aufweist. Der Abstand  $a$  entspricht etwa dem Radius  $r$  der Gelenkausnehmung 4c zuzüglich der Länge  $L_3$ , mit der der Umfangswandabschnitt 3h die Äquatorialebene 4f nach hinten überragt.

- Alternativ kann das Vorfertigungsteil 17a aus einem 35 Rohteil 16b nach Fig. 4 spanabhebend, z.B. durch Bohren eines Ringlochs, gefertigt werden. Bei dieser spanabhebenden Fertigung ergeben sich zumindest an der Mantelfläche des Dornes 11 und an der Innenmantelfläche der Umfangswand 3a in Umfangsrichtung erstreckende Riefen,

die die Festigkeit des fertigen Hohlkolbens 1  
beeinträchtigen können. Dagegen werden der Dorn 11 und die  
Umfangswand 3a beim Fließpressen verfestigt und  
stabilisiert, wobei sich außerdem längs verlaufende  
5 Materialfasern ausbilden, die die Materialfestigkeit  
weiter vergrößern.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 entspricht die Länge  
L4 des Rohteils 16d etwa der Länge L2 des  
10 Vorfertigungsteils 17a, das vergrößert dargestellt ist.

Die Vorfertigung des abgewandelten Vorfertigungsteils 17b  
gemäß Fig. 7 kann in vorbeschriebener Weise aus Rohteilen  
gemäß Fig. 3 und Fig. 4 ebenfalls durch Fließpressen oder  
15 durch spanabhebende Fertigung erfolgen. Zwecks Vermeidung  
von Wiederholungen und zur Verkürzung der Beschreibung  
wird deshalb auf diesen Beschreibungsteil Bezug genommen.

Bei der Fertigungsfortsetzung des Vorfertigungsteils 17a  
20 nach Fig. 5 bei der dritten Vorfertigungsstufe zum  
Vorfertigungsteil 17c nach Fig. 6 oder bei der  
Fertigungsfortsetzung des Vorfertigungsteils 17b nach Fig.  
7 bei der dritten Vorfertigungsstufe zum Vorfertigungsteil  
17d nach Fig. 8 wird jeweils die Einformung 14 eingeformt,  
25 was durch die gerundeten Form- und Gegenformwerkzeuge 15a,  
15b nach Fig. 1 oder die etwa zylindrischen Form- und  
Gegenformwerkzeuge 15d, 15e nach Fig. 7 erfolgt.

Das Volumen der Materialverdickung 3d ist in einer solchen  
30 Größe vorbestimmt, dass nach dem Einformen der Einformung  
14 das Vorfertigungsteil 17d (Fig. 8) etwa zylindrisch ist  
und zwar mit dem Übermaß x.

Die Einformung 14 wird jeweils so eingeformt, dass sie mit  
35 ihrer hinteren Stufenfläche 14a die Gelenkausnehmung 4c  
begrenzt und zwar unter Berücksichtigung des Übermaßes x.  
In vergleichbarer Weise kann auch der Dorn 11 mit einem  
solchen Abstand a vorgefertigt werden, so dass er die  
Gelenkausnehmung 4c an deren Vorderseite ebenfalls

begrenzt und zwar ebenfalls unter Berücksichtigung des Übermaßes x. Alternativ kann der Abstand a jedoch auch größer bemessen sein, so dass der Dorn 11 die Gelenkausnehmung 4c zwar vorderseitig begrenzt, jedoch  
5 nicht deren sphärische Lagerfläche bildet, sondern von dieser sphärischen Lagerfläche (fertig ausgebildete Fläche) einen axialen Abstand aufweist, was nicht dargestellt ist. Dies ist ebenfalls möglich, weil der innere Materialansatz der Einformung 14 eine hinreichend  
10 große Lagerfläche der Gelenkausnehmung 4c bildet, so dass die Stirnfläche des Dornes 11 von dieser fertigen Lagerfläche nach vorne abstehen kann.

Bei einer weiteren Vorfertigungsstufe können die  
15 Mantelfläche 3g und die Schwenk- bzw. Innenfläche 4g der Gelenkausnehmung 4c und ggf. auch die Stirnfläche der Stirnwand 3b spanabhebend auf Endmaß bearbeitet werden, was z.B. durch Fräsen oder Schleifen erfolgen kann. Dabei kann vor oder nach dieser Feinbearbeitung auf Endmaß eine  
20 Härtung des Materials des Hohlkolbens 1 erfolgen, z.B. eine Oberflächenhärtung, vorzugsweise durch Nitrieren.

Danach kann das soweit gefertigte Kolben-Fertigteil 17e nach Fig. 1 mit dem Gleitschuh 5 zusammengesetzt und durch  
25 Einformen des Umfangswandabschnitts 3h formschlüssig verbunden werden, wodurch die Kolben-Baueinheit nach Fig. 2 gebildet wird.

Die vorgenannten Herstellungsmaßnahmen gelten entsprechend  
30 auch für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 8.

Die Fig. 9 bis 11 zeigen weitere Fertigungsmaßnahmen, die dazu dienen, die Verbindung zwischen der Einformung 14 und dem Dorn 11 zu stabilisieren und/oder abzudichten.

35 Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 9 ist der Dorn 11 mit der Einformung 14 verschweißt. Die Schweißnaht 21 kann im Bereich der Fuge zwischen dem Dorn 11 und der Einformung

14 liegen und vor oder nach dem Bearbeiten auf Endmaß ausgeführt sein.

5 Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 10 sind der Dorn 11 und die Einformung 14 miteinander verlötet, was an der vorderseitigen (siehe Fig. 10) oder an der rückseitigen Stufenfläche erfolgen kann. Bei einer vorderseitigen Verlötung 22 ist ein zum Löten erforderliches Lot vor dem Einformen der Einformung 14 in den Hohlraum 9 einzugeben.

10

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 11 ist die zwischen dem Dorn 11 und der Einformung 14 vorhandene Fuge durch eine Dichtung 19 abgedichtet. Die Dichtung 19 ist vorzugsweise durch einen Dichtring 19a gebildet, der in einer Ringnut 15 19b sitzt und mit der gegenüberliegenden Ringfläche dichtend zusammenwirkt. Die Ringnut 19b kann in der Mantelfläche 11a des Dorns 11 oder in der Innenmantelfläche der Einformung 14 angeordnet sein.

20 Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 12 zeigt folgende besondere Ausgestaltung, die bei einem vorbeschriebenen Hohlkolben 10 und auch bei Hohlkolben in anderer Bauweise ausgebildet sein kann.

25 Bei dieser Ausgestaltung ist der Hohlraum 9 durch einen Kanal 21 mit der Umgebung des Hohlkolbens verbunden, dessen äußere Mündungsöffnung 22 sich im hinteren Endbereich des Hohlkolbens 1 befindet. Die Mündungsöffnung 22 kann so positioniert sein, dass sie im Betrieb einer 30 den Hohlkolben 1 aufweisenden Kolbenmaschine, insbesondere Axialkolbenmaschine, im Hubbetrieb wenigstens zeitweise aus dem Zylinder 8 und in den Hohlraum des Gehäuses der Kolbenmaschine gelangt. Dies ist dann der Fall, wenn die Mündungsöffnung 22 sich im Hubbetrieb zeitweise in der 35 Kolbenführung befindet, in der sie durch die Kolbenmantelfläche der Kolbenbohrung 7 im wesentlichen abgedeckt ist, und im Bereich des hinteren Totpunktes des Kolbenhubes mit dem Hohlraum des Gehäuses in Verbindung

steht, z.B. aus der Kolbenbohrung 7 nach hinten herausragt.

Der Vorteil dieser Ausgestaltung des Hohlkolbens 1, die  
5 unabhängig ist von den vorbeschriebenen Ausführungsbeispielen, besteht darin, dass durch den Kanal 21 ein Austausch zwischen dem sich im Hohlraum 9 des Hohlkolbens 1 befindlichen hydraulischen Fluid und dem Fluid im Hohlraum des Gehäuses erfolgt. Hierdurch wird die  
10 Kühlung des Hohlkolbens verbessert.

Es können ein oder mehrere auf dem Umfang verteilt angeordnete Kanäle 21 vorgesehen sein, wie es in Fig. 12 andeutungsweise durch Strichpunktlinien dargestellt ist.  
15 Hierdurch wird der Fluidaustausch verbessert und vergrößert. Wenn sich im Betrieb des Hohlkolbens 1 jeweils wenigstens ein Kanal 21 radial innen liegend und radial außen liegend befinden, kann der Fluidaustausch durch eine durch die Fliehkraft hervorgerufene Förder-Wirkung  
20 erfolgen, die den Fluidaustausch forciert.

Beim Ausführungsbeispiel befindet sich die wenigstens eine äußere Mündungsöffnung 22 in einem Abstand  $c$  von der Rückseite des Hohlkolbens 1, der kleiner ist als die halbe  
25 Länge  $L_5$  des Kolbens und vorzugsweise etwa  $1/5$  der Kolbenlänge  $L_5$  entspricht.

**Ansprüche**

5 1. Hohlkolben (1) für eine Kolbenmaschine, insbesondere  
eine Axialkolbenmaschine, der eine Umfangswand (3a), einen  
zentralen Dorn (11), an seinem vorderen Ende eine  
Stirnwand (3b) und an seinem rückseitigen Stirnende ein  
Gelenkteil (4a) aufweist, wobei der Hohlkolben (1)  
10 zwischen der Umfangswand (3a) und dem Gelenkteil (4a) eine  
ringförmige Einformung (14) aufweist, die gegen den Dorn  
(11) geformt ist, und wobei ein rückseitiger Abschnitt der  
Einformung (14) einen vorderen Abschnitt des Gelenkteils  
(4a) bildet,

15 **dadurch gekennzeichnet,**

dass der Dorn (11) im Bereich der Einformung (14) endet,  
dass das Gelenkteil (4a) eine kalottenförmige  
Gelenkausnehmung (4c) aufweist und  
dass der rückseitige Abschnitt der Einformung (14)  
20 wenigstens einen Teil einer Gelenkfläche (4g) der  
Gelenkausnehmung (4c) bildet.

2. Hohlkolben nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

25 dass der Dorn (11) rückseitig ebenfalls einen Teil der  
Gelenkfläche (4g) der Gelenkausnehmung (4c) bildet.

3. Hohlkolben nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

30 dass die Umfangswand (3a) und/oder der Dorn (11) einteilig  
mit der Stirnwand (3b) ausgebildet ist bzw. sind.

4. Hohlkolben nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

35 dass die Stirnwand (3b) und die Umfangswand (3a) und/oder  
der Dorn (11) spanlos aneinander geformt sind.

5. Hohlkolben nach einem vorherigen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**



dass der Dorn (11) axial von einem Kanal (12) durchsetzt ist.

6. Hohlkolben nach Anspruch 5,  
5 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Kanal (12) eine Drossel (12a) aufweist, die vorzugsweise im Bereich der Einformung (14) angeordnet ist.
- 10 7. Hohlkolben nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Einformung (14) in die Mantelfläche (11a) des Dorns (11) hineingedrückt ist.
- 15 8. Hohlkolben nach einem der vorherigen Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Fuge zwischen der Einformung (14) und dem Dorn (11) abgedichtet ist, insbesondere durch eine Schweißnaht (21) oder eine Lötnaht (22) oder eine Ringdichtung (19).
- 20 9. Verfahren zum Herstellen eines Hohlkolbens (1) mit einer Umfangswand (3a), einem zentralen Dorn (11), einer Stirnwand (3b) an seinem vorderen Ende und einem Gelenkteil (4a) an seinem hinteren Ende, bei dem eine  
25 ringförmige Einformung (14) der Umfangswand (3a) gegen die Mantelfläche (11a) des Dorns (11) geformt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass das Gelenkteil (4a) als kalottenförmige Gelenkausnehmung (4c) geformt wird,  
30 dass der Dorn (11) so lang ausgebildet wird, daß er im Bereich der Einformung (14) endet und  
dass die Einformung (14) so geformt wird, daß ihr hinterer Abschnitt wenigstens einen Teil einer Gelenkfläche (4g) der Gelenkausnehmung (4c) bildet.
- 35 10. Verfahren nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Umfangswand (3a) im Bereich der Einformung (14) mit einer Materialverdickung (3d) vorgefertigt wird und

mit der Materialverdickung (3d) so eingeformt wird, dass ihre Außenumfangsfläche im wesentlichen mit der übrigen Außenumfangsfläche (3d) der Umfangswand (3a) fluchtet.

- 5 11. Hohlkolben (1) für eine Kolbenmaschine, insbesondere eine Axialkolbenmaschine, der eine Umfangswand (3a) und einen zentralen Dorn (11) aufweist, die durch eine gegen die Mantelfläche (11a) des Dorns (11) gerichtete Einformung (14) der Umfangswand (3a) gebildet ist,  
10 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Einformung (14) an ihrem Außenumfang mit dem übrigen Bereich der Mantelfläche (3a) des Kolbens (1) fluchtet.
- 15 12. Hohlkolben nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Einformung (14) eine Materialverdickung (3d) enthält, die von der Umfangswand (3a) radial abstehend vorgefertigt war.
- 20 13. Hohlkolben nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Seitenflächen (3f) der Materialverdickung (3d) nach außen konvergent verlaufen.
- 25 14. Verfahren zum Herstellen eines Hohlkolbens (1) für eine Kolbenmaschine, insbesondere eine Axialkolbenmaschine mit einer Umfangswand (3a), einem zentralen Dorn (11) und einem Gelenkteil (4a) an seinem hinteren Ende, bei dem in  
30 die Umfangswand (3a) einer Stirnwand (3b) an seinem vorderen Ende eine Einformung (14) gegen die Mantelfläche (11a) des Dorns (11) eingeformt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Umfangswand (3a) im Bereich der Einformung (14)  
35 mit einer Materialverdickung (3d) vorgefertigt wird und mit der Materialverdickung (3d) so eingeformt wird, dass ihre Außenumfangsfläche im wesentlichen mit der übrigen Außenumfangsfläche (3d) der Umfangswand (3a) fluchtet.

15. Verfahren nach Anspruch 10 oder 14,  
**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Materialverdickung (3d) mit konvergenten  
Seitenflächen (3f) vorgefertigt wird.

5.

16. Verfahren nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**

10 dass die Umfangswand (3a) mit einem Querschnitts-Übermaß  
(x) vorgefertigt wird und die Einformung (14) so weit  
eingeformt wird, dass ihre Außenumfangsfläche dem Übermaß  
(x) entspricht.

17. Verfahren nach Anspruch 9 oder 16,  
**dadurch gekennzeichnet,**

15 dass der Dorn (11) so lang ausgebildet wird, dass er  
rückseitig einen Teil der Gelenkfläche (4g) der  
Gelenkausnehmung (4c) bildet.

20 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9, 16 oder 17,  
**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Einformung (14) in die Mantelfläche (11a) des  
Dorns (11) eingedrückt wird.

25 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 16 bis 18,  
**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Umfangswand (3a) im Bereich der Einformung (14)  
mit einer Materialverdickung (3d) vorgefertigt wird und  
mit der Materialverdickung (3d) so eingeformt wird, dass  
ihre Außenumfangsfläche im wesentlichen mit der übrigen  
30 Außenumfangsfläche (3d) der Umfangswand (3a) fluchtet.

20. Hohlkolben (1), der an seinem vorderen Ende durch eine  
Stirnwand (3b) geschlossen ist und an seinem hinteren Ende  
ein Gelenkteil (4a) aufweist,  
35 **dadurch gekennzeichnet,**

dass der Hohlraum (9) durch einen Kanal (21) nach außen  
offen ist, dessen Öffnung (22) im hinteren Endbereich des  
Hohlkolbens (1) angeordnet ist.

21. Hohlkolben nach Anspruch 19,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Kanal (21) an der Außenmantelfläche (3g) des  
Hohlkolbens (1) mündet.

5

22. Hohlkolben nach Anspruch 20,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass der Kanal (21) sich nach hinten und dabei schräg nach  
außen erstreckt.

10

23. Hohlkolben nach einem der Ansprüche 20 bis 22,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zwei oder mehrere auf dem Umfang verteilt angeordnete  
Kanäle (21) angeordnet sind.

15

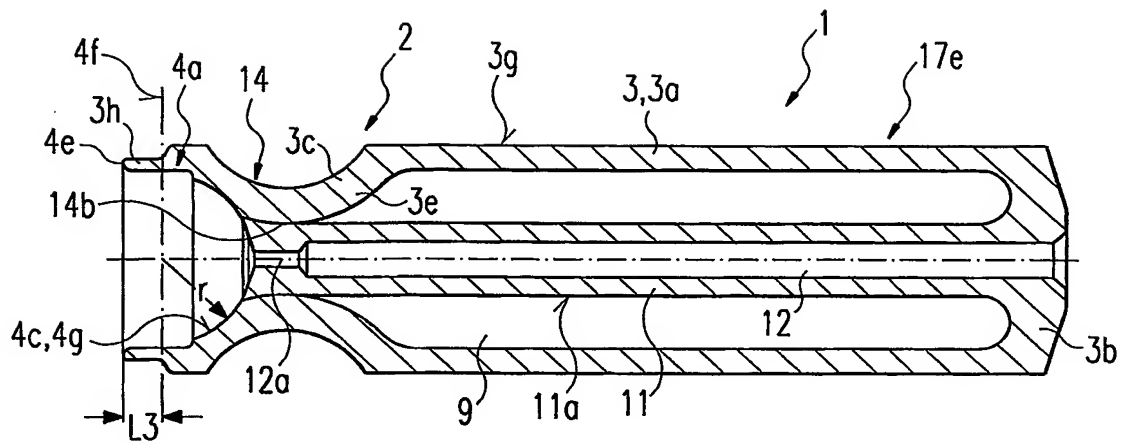


Fig. 1

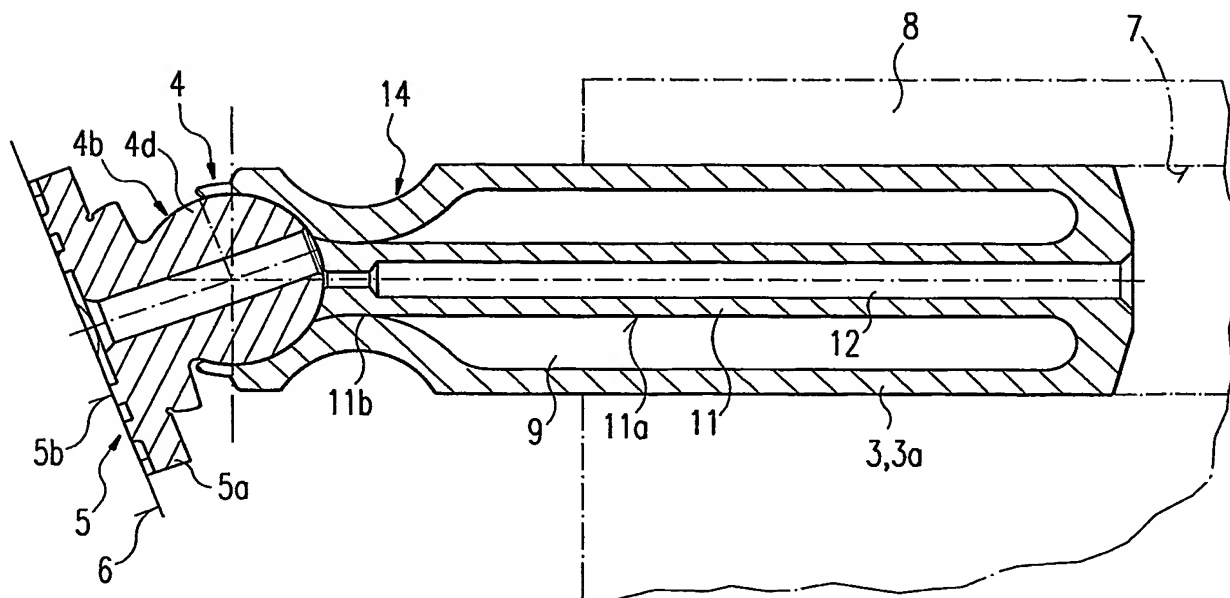


Fig. 2

2/4

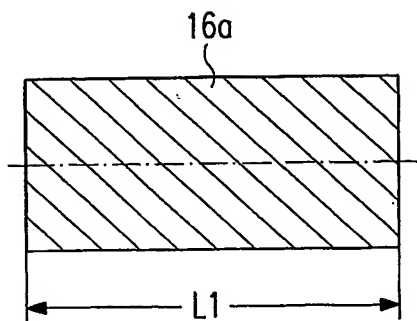


Fig. 3

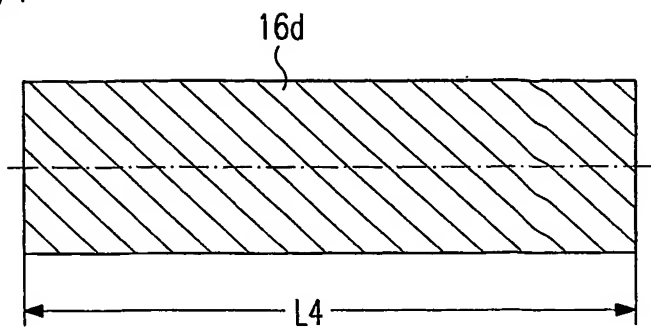


Fig. 4

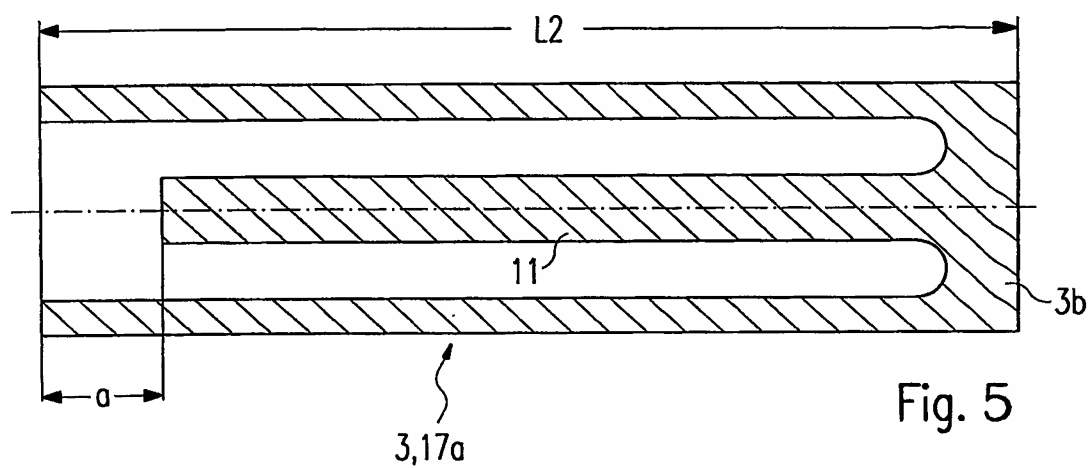


Fig. 5

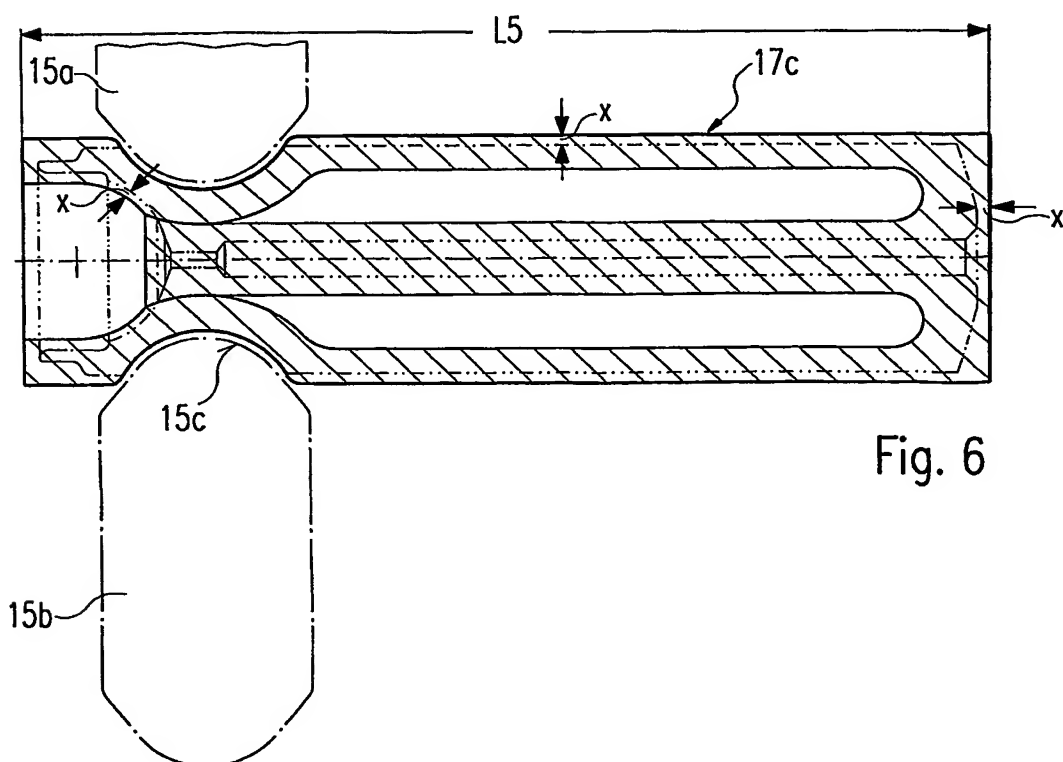
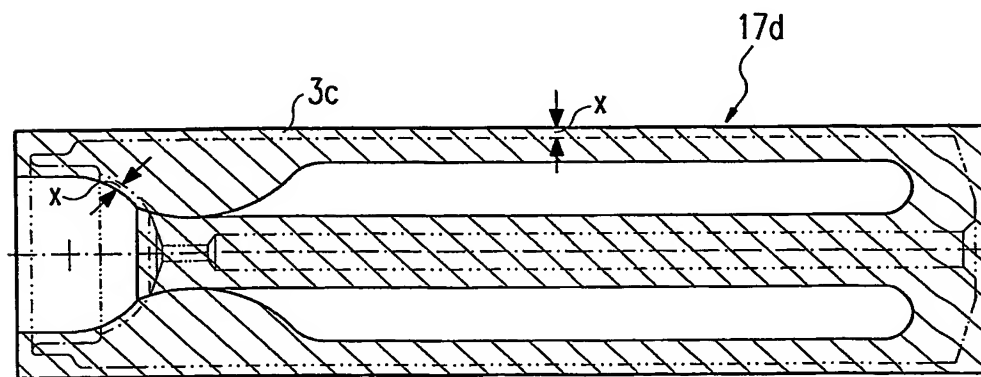
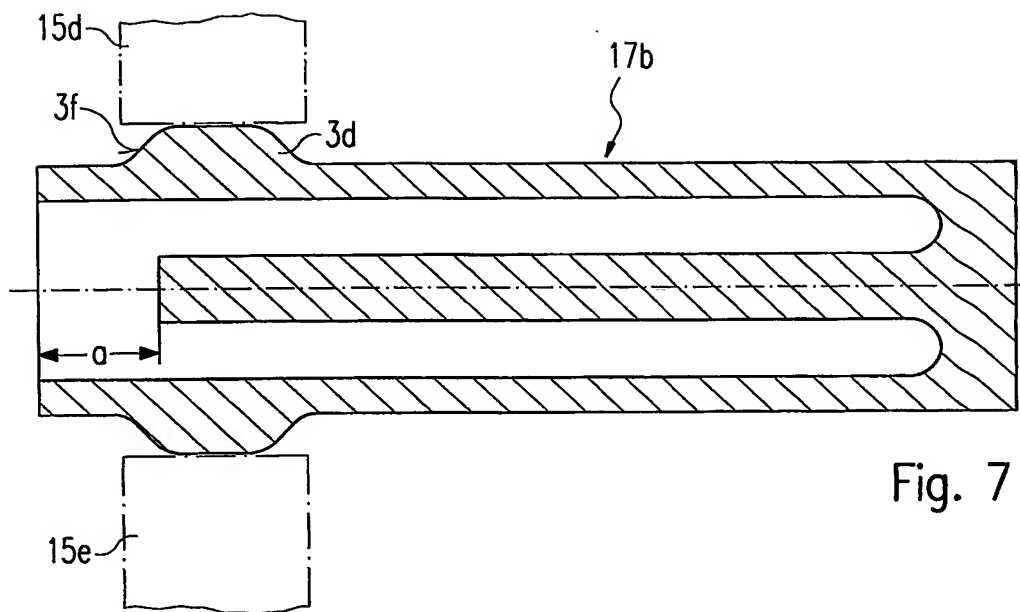


Fig. 6

3/4



4/4

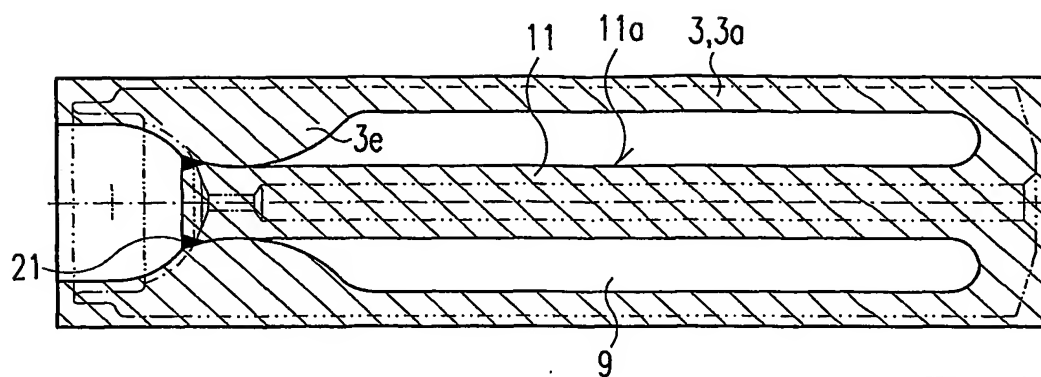


Fig. 9

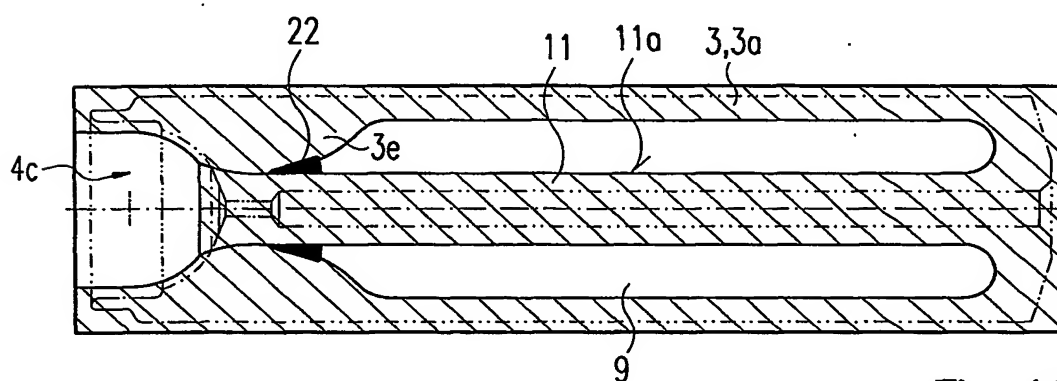


Fig. 10

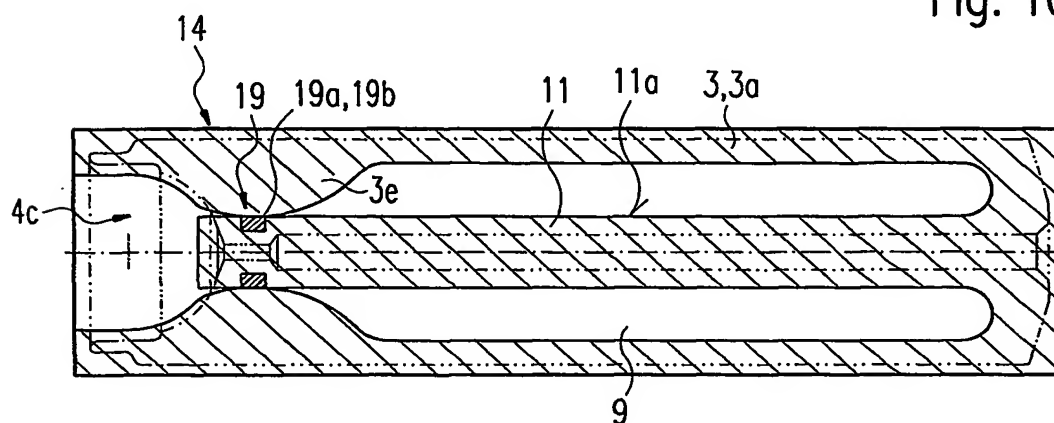


Fig. 11

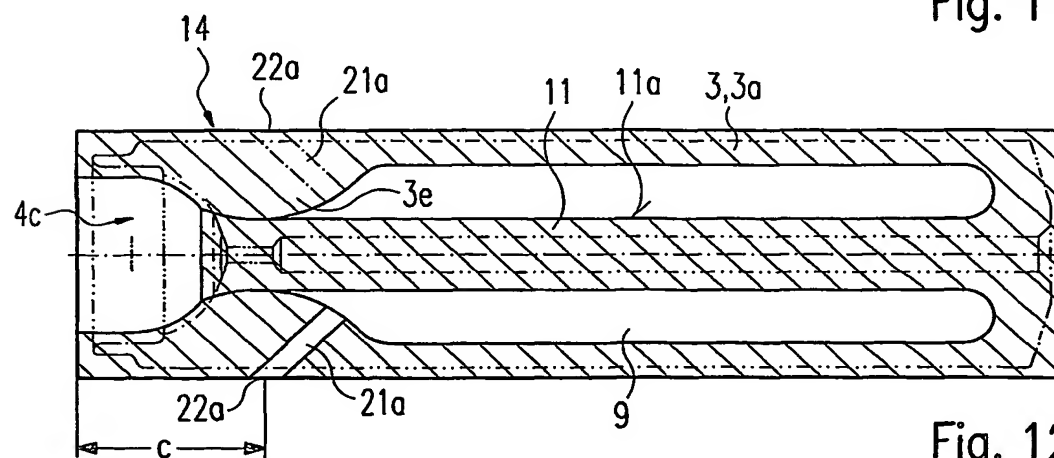


Fig. 12